

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

Porovnání nákladů na vytápění rodinného domu při využití různých  
energetických zdrojů

Comparison of Expense for Family House Heating with View of  
Various Energy Source

Vedoucí bakalářské práce:  
Student:

Ing. Radim Janalík, CSc.  
Lenka Losovská

Ostrava 2009

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Losovská, L. Porovnání nákladů na vytápění rodinného domu při využití různých energetických zdrojů. Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 30 s. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Radim Janalík, CSc.

Bakalářská práce se zabývá porovnáním nákladů na vytápění rodinného domu. V první části jsem provedla výpočet tepelné ztráty rodinného domu. Na základě výpočtu jsem alternativně navrhla různé zdroje tepelné energie.

V další části práce jsem tyto navržené zdroje tepelné energie porovнала z hlediska investičních nákladů a nákladů na roční dodávku tepla. V závěru práce jsem provedla posouzení výhod a nevýhod možnosti vytápění rodinného domu.

## ANNOTATION OF BACHELOR WORK

Losovská, L. Comparison of Expense for Family House Heating with View of Various Energy Source. Ostrava: The Department of Power Engineering, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 30 p. Bachelor Work, head Ing. Radim Janalík, CSc.

Bachelor work deals with comparing the cost of heating a family house. In the first part, I carried out the calculation of heat loss a family house. Based on the calculation of an alternative, I propose various sources of thermal energy.

In other parts of the work I proposed the following sources of thermal energy compared in terms of investment costs and annual supply of heat. At the end of the work I carried out an assessment of advantages a disadvantages of the possibility of heating a family hous.

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Výpočet tepelné ztráty rodinného domu podle normy ČSN 06 0210.....</b>	<b>2</b>
2.1 Celková tepelná ztráta.....	2
2.2 Tepelná ztráta prostupem tepla.....	2
2.3 Tepelná ztráta prostoru (místnosti) větráním.....	4
2.4 Potřebné hodnoty k výpočtu tepelné ztráty podle normy ČSN 06 0210.....	5
2.5 Příklad výpočtu pro jednu místnost.....	6
<b>3 Stručná charakteristika možných druhů a popis možných zdrojů tepelné energie pro vytápění rodinného domu.....</b>	<b>13</b>
3.1 Druhy vytápění.....	13
3.2 Zdroje tepelné energie.....	15
3.2.1 Elektrická energie.....	15
3.2.2 Plyná paliva.....	15
3.2.3 Pevná paliva.....	16
3.2.4 Tepelná čerpadla.....	17
3.2.5 Solární systémy.....	19
<b>4 Porovnání těchto zdrojů z hlediska investičních nákladů.....</b>	<b>21</b>
4.1 Porovnání těchto zdrojů z hlediska nákladů na roční dodávku tepla.....	23
4.2 Posouzení výhod a nevýhod jednotlivých možností vytápění rodinného domu....	25
<b>5 Závěr.....</b>	<b>28</b>
<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>30</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>30</b>

## Seznam použitých symbolů

$\alpha$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel přestupu tepla
$\alpha_i$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně
$\alpha_e$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel přestupu tepla na vnější straně
$k$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel prostupu tepla
$l$	[m]	tloušťka vrstvy
$k_c$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcemi místnosti
$\Lambda$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	tepelná propustnost
$\lambda$	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel tepelné vodivosti
$c$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita
$\rho$	[kg.m <sup>-3</sup> ]	hustota (objemová hmotnost)
$i_{LV}$	[m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-0,67</sup> ]	součinitel spárové průvzdušnosti
$Q$	[W]	tepelná ztráta, tepelný zisk
$\dot{Q}_p$	[W]	tepelná ztráta prostupem tepla
$\dot{Q}_v$	[W]	tepelná ztráta větráním
$\dot{Q}_z$	[W]	trvalý tepelný zisk
$\dot{Q}_o$	[W]	základní tepelná ztráta prostupem tepla
$p_1$	[-]	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
$p_2$	[-]	přirážka na urychlení zátoku
$p_3$	[-]	přirážka na světovou stranu
$L$	[m]	délka spar otvíratelných částí oken a venkovních dveří
$B$	[Pa <sup>0,67</sup> ]	charakteristické číslo budovy
$M$	[-]	charakteristické číslo místnosti
$\dot{V}_v$	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	objemový tok větracího vzduchu
$V_m$	[m <sup>3</sup> ]	vnitřní objem prostoru

# 1 Úvod

Žijeme v době, ve které se klade velký důraz na dosažení značných úspor energie. Projevuje se to zejména v oblasti životního prostředí a v energetice. Dříve se tímto problémem lidé moc nezabývali, ale dneska je to jiné, zvláště když v posledních dvaceti letech cena za energii prudce stoupá (přechod na tržní ceny po roce 1989).

Snažíme se zdokonalovat vytápěcí systémy, zateplovat domy, a to z toho důvodu, aby spotřebitelé energií snížili spotřebu energií a tím i ušetřili finanční prostředky. Předpokládá se tedy, že všechny druhy energií budou využívány ještě hospodárněji než je tomu dnes. K tomu nám poslouží aspoň částečná výměna stávajících zdrojů energie za co nejefektivnější (nejlevnější) zdroje z pohledu investičních a provozních nákladů.

Pro rozhodování o druhu použité energie pro vytápění kromě aktuálních cen různých druhů energií je potřeba brát v úvahu, zda se jedná o obnovitelný nebo neobnovitelný zdroj energie. V případě, že ceny energií z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů budou srovnatelné je nutné pro budoucí pokolení dát přednost obnovitelných zdrojům. Přitom se o obnovitelných zdrojích hovoří tehdy, mají-li tyto zdroje schopnost se v krátkém čase částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za pomoci člověka.

K co nejefektivnějšímu a nejekologičtějšímu vytápění máme dneska mnoho možností. Nejdůležitější je pro nás výběr vytápěcího systému. Výběr není jednoduchý, protože v dnešní době existuje mnoho výrobců a firem nabízejících své produkty s jinými parametry a s jinými výkony.

Cílem bakalářské práce je vybrat pro zvolený rodinný dům možné zdroje tepelné energie. Tyto zdroje porovnat z hlediska investičních nákladů a nákladů na roční dodávku tepla. Posoudit jak výhody, tak nevýhody jednotlivých možností vytápění rodinného domu a rozhodnout se pro nejlepší zdroj tepelné energie.

## 2 Výpočet tepelné ztráty rodinného domu podle normy ČSN 06 0210

Tato norma stanoví postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem stěnami a větráním [4].

### 2.1 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta  $\dot{Q}_c$  se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snižená o trvalé tepelné zisky. Je dána vztahem

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde  $\dot{Q}_p$  je tepelná ztráta prostupem tepla [W],

$\dot{Q}_v$  tepelná ztráta větráním [W],

$\dot{Q}_z$  trvalý tepelný zisk [W].

### 2.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla  $\dot{Q}_p$  se určí podle vztahu

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde  $\dot{Q}_o$  je základní tepelná ztráta prostupem tepla [W],

$p_1$  přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [1],

$p_2$  přírážka na urychlení zátoku [1],

$p_3$  přírážka na světovou stranu [1].

Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $\dot{Q}_o$  se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností.



$$\dot{Q}_o = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + k_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde  $S_1, S_2 \dots S_n$  je ochlazována část stavební konstrukce [ $\text{m}^2$ ],  
 $k_1, k_2 \dots k_n$  součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  
 $t_i$  výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ],  
 $t_{e1}, t_{e2}, \dots t_{en}$  výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Je-li u některé ze stavebních konstrukcí teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, má tepelný tok prostupující touto stavební konstrukcí zápornou hodnotu. V tomto případě jde o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla  $\dot{Q}_o$ .

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí  $p_1$  závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti  $k_c$ , který se stanoví ze vztahu

$$k_c = \frac{\dot{Q}_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (4)$$

kde  $\sum S$  je celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost [ $\text{m}^2$ ],  
 $t_i$  výpočtová vnitřní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ],  
 $t_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí  $p_1$  se pak stanoví ze vztahu

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [1] \quad (5)$$

S přirážkou na urychlení zátopy  $p_2$  se v bytové výstavbě, nemocnicích uvažuje jen v případech, kde ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Za normálních okolností se s přirážkou  $p_2$  nepočítá, neboť při výpočtových podmínkách se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.

U budov se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém tepelném výkonu menším než 150 kW se předpokládá, že ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit

nepřerušovaný provoz vytápění, a proto se při výpočtu tepelné ztráty prostupem podle rovnice (2) počítá s přírážkou na urychlení zátopu  $p_2$ :

- 0,10 při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin,
- podle ČSN 06 0220:1993 při denní době vytápění kratší než 16 hodin.

O výši přírážky na světovou stranu  $p_3$  rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích, poloha jejich společného rohu. U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přírážkou největší.

### 2.3 Tepelná ztráta prostoru (místnosti) větráním

Tepelná ztráta prostoru (místnosti) větráním  $\dot{Q}_v$  se stanoví ze vztahu

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \dot{V}_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (6)$$

kde  $\dot{V}_v$  je objemový tok větracího vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],  
 $c_v$  objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě  $0^\circ\text{C}$  [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ ],  
 $t_i$  výpočtová vnitřní teplota [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $t_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^\circ\text{C}$ ].

Objemový tok větracího vzduchu prostoru  $\dot{V}_v$  musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$  [ $\text{h}^{-1}$ ].

Potřebný průtok  $\dot{V}_{vH}$  se stanoví ze vztahu

$$\dot{V}_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

kde  $V_m$  je vnitřní objem prostoru [ $\text{m}^3$ ].

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu  $\dot{V}_{vp}$  stanoví ze vztahu

$$\dot{V}_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

kde  $\sum (i_{LV} \cdot L)$  je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti  
 $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$ ,

$i_{LV}$  součinitel spárové průvzdušnosti  $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}]$ ,

$L$  délka spar otvíratelných částí oken a venkovních dveří  $[\text{m}]$ ,

$B$  charakteristické číslo budovy  $[\text{Pa}^{0,67}]$ ,

$M$  charakteristické číslo místnosti  $[1]$ .

Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  oken a venkovních dveří jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3:1994 [5].

Celková délka spáry  $L$  se stanovuje ze skladebných rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se při tom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem a se spárami mezi dvěma na sebe přiléhajícími křídly.

Charakteristické číslo budovy  $B$  závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy vzhledem ke krajině na druhu budovy.

## 2.4 Potřebné hodnoty k výpočtu tepelné ztráty podle normy ČSN 06 0210

Potřebné hodnoty k výpočtu tepelné ztráty jsou převzaty z normy ČSN 06 0210, ve které je obytná budova rozdělena podle druhu vytápění jednotlivých místností a dále je uvedena jejich výpočtová vnitřní teplota. Potřebné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 2.1.

Místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $[\text{°C}]$
Ložnice	20
Obývací pokoj	20
Kuchyň	20
Předsíň	15
WC	20
Koupelna	24
Spíž	10
Chodba	15

Tab. č. 2.1 Výpočtová vnitřní teplota ve vytápěných místnostech

Z normy jsem převzala také další potřebné hodnoty pro výpočet tepelné ztráty rodinného domu.

Rodinný dům se nachází v Ostravě, podle normy je výpočtová venkovní teplota v Ostravě  $t_e = -15$  [°C].

Budova stojí osaměle a nachází se v normální, chráněné krajině, a proto je podle normy charakteristické číslo budovy označené písmenem B;  $B = 4$ .

U rodinného domu jsou vnitřní dveře těsné s prahy, podle normy je charakteristické číslo místnosti, označené písmenem M;  $M = 0,7$ .

## 2.5 Příklad výpočtu pro jednu místnost

Jako příklad výpočtu jsem si vybrala obývací pokoj. Pokoj je rohový, nachází se na severní straně, proto je přírážka  $p_3 = 0,1$ .

Má dvě okna, v každé stěně jedno a dvojce vnitřní dveře. Jedny dveře sousedí s kuchyní a druhé vedou do ložnice. Pro výpočet tepelných ztrát je potřebný údaj o venkovní výpočtové teplotě  $t_e = -15$  [°C]. Dalším důležitým údajem je vnitřní výpočtová teplota, která je uvedena v tabulce č. 2.1, vnitřní výpočtová teplota pro obývací pokoj je  $t_i = 20$  [°C].

Součinitel přestupu tepla  $\alpha_i$  na vnitřním povrchu stěny je  $8$  [W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>].

Součinitel přestupu tepla  $\alpha_e$  na vnější stěně je  $23$  [W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>].

Příklad budu počítat po jednotlivých částech, nejprve propočítám tepelnou ztrátu stěnami.

### 1) Tepelná ztráta stěnami

Parametry materiálu obvodových stěn pro tloušťku 500 mm jsou převzaty z Návodů do cvičení z termomechaniky [6].

Stěny jsou složeny ze tří vrstev, první je vnitřní omítka o tloušťce 20 mm se součinitelem tepelné vodivosti  $0,8$  W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>, druhým materiálem je škvárobeton o tloušťce 450 mm se součinitelem tepelné vodivosti  $0,8$  W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> a posledním materiálem je vnější omítka o tloušťce 30 mm se součinitelem tepelné vodivosti  $1$  W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

Hodnoty výsledného součinitele prostupu tepla a tepelná ztráta stěnami jsou uvedeny v tabulce číslo 2.2. Příklad výpočtu je uveden pod tabulkou č. 2.2.

Materiál	$l$ [mm]	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$k$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$Q$ [W]
Vnitřní omítka	20	0,8	1,27	784,098
Škvárobeton	450	0,8		
Vnější omítka	30	1		

Tab. č. 2.2 Složení obvodových stěn pro tloušťku 500 mm

Příklad výpočtu tepelné ztráty stěnami:

K tomu, abych mohla vypočítat tepelnou ztrátu stěnami, musím znát součinitel prostupu tepla a ten vypočítám podle následujícího vzorce.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]} \quad (9)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,8} + \frac{0,45}{0,8} + \frac{0,03}{1} + \frac{1}{23}} = 1,27 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$$

V dalším kroku musím vypočítat povrch jednotlivých stěn. Jestliže jsou v jednotlivých stěnách okna, jako v mém případě, potom je musím od plochy stěny odečíst. Nepočítám se stěnami sousedícími s jinými místnostmi.

$$S_1 = 4,2 \cdot 2,8 = 11,76 m^2 \quad \text{vnější stěny}$$

$$S_2 = 4,5 \cdot 2,8 = 12,6 m^2 \quad \text{vnější stěny}$$

$$S_3 = 2,1 \cdot 1,6 = 3,36 m^2 \quad \text{okna}$$

$$S_4 = 2,1 \cdot 1,6 = 3,36 m^2 \quad \text{okna}$$

Celková plocha vnějších stěn místnosti bez oken

$$S_{C1} = 11,76 + 12,6 - 3,36 - 3,36 = 17,64 m^2$$

Celková ztráta tepla místnosti stěnou

$$Q_S = k \cdot S_C \cdot \Delta t = 1,27 \cdot 17,64 \cdot (20 - (-15)) = 784,098 W$$

$$\Delta t = (t_i - t_e) \quad (10)$$

V domě se nacházejí ještě jiné obvodové stěny s tloušťkou stěn 400 mm, které jsou uvedeny v tabulce č. 2.3. Počítají se stejným způsobem jako u stěn s tloušťkou stěny 500 mm.

Materiál	$l$ [mm]	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$k$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Vnitřní omítka	20	0,8	1,51
Cihlová hmota	350	0,8	
Vnější omítka	30	1	

Tab. č. 2.3 Složení obvodových stěn pro tloušťku 400 mm

## 2) Tepelná ztráta podlahou

Místnost je v kontaktu s nevytápěnou částí domu (sklepem). Tím je svým charakterem místnost vedená jako nepodsklepená. Proto nepočítám se součinitelem přestupu tepla na vnější stěně. Stejně jako u stěn je i podlaha složena ze tří vrstev: koberce, betonu a kameniny. Hodnoty výsledného součinitele prostupu tepla a tepelná ztráta podlahou jsou uvedeny v tabulce číslo 2.4.

Materiál	$l$ [mm]	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$k$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$Q$ [W]
Koberec	25	0,06	1,33	879,795
Beton	250	1,3		
Kamenina	20	1,2		

Tab. č. 2.4 Složení nepodsklepené podlahy

## Příklad výpočtu tepelné ztráty podlahou:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda}} [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}] \quad (11)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,025}{0,06} + \frac{0,25}{1,3} + \frac{0,020}{1,2}} = 1,33 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$S_{C2} = 4,2 \cdot 4,5 = 18,9 \text{ m}^2$$

plocha podlahy místnosti

Celková ztráta tepla podlahy

$$Q_{PO} = k \cdot S \cdot \Delta t = 1,33 \cdot 18,9 \cdot (20 - (-15)) = 879,795 W$$

### 3) Tepelná ztráta stropem

Strop se skládá rovněž ze tří vrstev: omítky, betonu a škváry. Hodnoty výsledného součinitele prostupu tepla a tepelná ztráta stropem jsou uvedeny v tabulce číslo 2.5.

Materiál	l [mm]	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	k [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Q [W]
Omítka	100	0,9	1,53	1012,1
Beton	250	0,8		
Škvára	20	0,33		

Tab. č. 2.5 Složení stropu

Příklad výpočtu tepelné ztráty stropem:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} [W.m^{-2}.K^{-1}]$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,1}{0,9} + \frac{0,25}{0,8} + \frac{0,02}{0,33} + \frac{1}{23}} = 1,53 \text{ W.m}^{-2}.K^{-1}$$

$$S_{C3} = 4,2 \cdot 4,5 = 18,9 m^2$$

plocha stropu místnosti

Celková ztráta tepla stropem

$$Q_{ST} = k \cdot S \cdot \Delta t = 1,53 \cdot 18,9 \cdot (20 - (-15)) = 1012,1 W$$

### 4) Tepelná ztráta okny a dveřmi

Dřevěná okna v rodinném domku jsou osazena dvojítymi okny (dvě skla).

Dveře jsou dvojího druhu, domovní a vnitřní. Oba druhy jsou dřevěné a plné. Hodnoty součinitelů prostupu tepla dveří a oken jsou převzaty z normy ČSN 73 0540-3:1994 [5] a jsou uvedeny v tabulce č. 2.6.

		$i_{LV}$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-0,67</sup> ]	$k$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Okna	Dvojitá	$1,4 \cdot 10^{-4}$	2,7
Dveře	Venkovní	$1,9 \cdot 10^{-4}$	2,6
	Vnitřní		2,0

Tab. č. 2.6 Hodnoty součinitele prostupu tepla a spárové průvzdušnosti

#### Příklad výpočtu oken:

V místnosti se nacházejí dvě okna. U každého z nich se spočítá povrch a tyto dva povrchy se musejí sečíst.

$$S_1 = 2,1 \cdot 1,6 = 3,36 m^2 \quad \text{okna}$$

$$S_2 = 2,1 \cdot 1,6 = 3,36 m^2 \quad \text{okna}$$

Celkový povrch oken místnosti

$$S_{C4} = 3,36 + 3,36 = 6,72 m^2$$

Celková ztráta tepla okny

$$Q_{OK} = k \cdot S \cdot \Delta t = 2,7 \cdot 6,72 \cdot (20 - (-15)) = 635,04 W$$

#### 5) Tepelná ztráta celé místnosti

$$\dot{Q}_O = Q_S + Q_{PO} + Q_{ST} + Q_{OK} = 784,098 + 879,795 + 1012,1 + 635,04 = 3311 W$$

Sečtením jednotlivých ztrát jsem dostala základní tepelnou ztrátu  $\dot{Q}_O$ . Abych mohla spočítat celkovou tepelnou ztrátu, potřebuji znát ještě přírážku  $p_1$  na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí. Ta se určí ze vztahu  $p_1 = 0,15 \cdot k_c$  (5).

Nejprve musím vypočítat součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti  $k_c$  podle rovnice (4) a dosadit ho do vztahu  $p_1$ .

$$k_c = \frac{\dot{Q}_o}{\Sigma S \cdot (t_i - t_e)}$$



Součet ploch všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost

$$\sum S = S_{C1} + S_{C2} + S_{C3} + S_{C4}$$

$$\sum S = 17,64 + 18,9 + 18,9 + 6,72 = 62,16 \text{ m}^2$$

$$k_c = \frac{3311}{62,16 \cdot (20 - (-15))} = 1,52 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 1,52 = 0,228$$

Přirážka na urychlení zátopy  $p_2$  je podle normy ČSN 06 0210 nulová a přirážka na světovou stranu  $p_3 = 0,1$ .

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla  $\dot{Q}_p$  podle rovnice (2)

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

$$\dot{Q}_p = 3311 \cdot (1 + 0,228 + 0 + 0,1) = 4398 \text{ W}$$

#### 6) Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním se spočítá pomocí hodnot z normy ČSN 06 0210.

Součinitel spárové průvzdušnosti okna  $i_{LV} = 1,4 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$ .

Délka spár otvíratelných částí okna  $L = 10,6 [\text{m}]$ .

Charakteristické číslo budovy  $B = 4$ .

Charakteristické číslo místnosti  $M = 0,7$ .

Objemový tok větracího vzduchu  $\dot{V}_{vp}$  podle rovnice (8)

$$\dot{V}_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M$$

$$\dot{V}_{vp} = (1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 10,6) \cdot 4 \cdot 0,7 = 4,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Objemový tok přirozeného větracího vzduchu  $\dot{V}_{vp}$  je dosazen za  $\dot{V}_v$  (celkový objemový tok vzduchu). S nuceným objemovým tokem větracího vzduchu  $\dot{V}_{vH}$  nepočítám.

$$\dot{V}_v = 4,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tepelná ztráta prostoru místnosti větráním  $\dot{Q}_v$  podle rovnice (6)

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot 4,15 \cdot 10^{-3} \cdot (35) = 189 W$$

### 7) Celková tepelná ztráta rodinného domu

Do výpočtu jsem nezahrnula trvalý tepelný zisk  $\dot{Q}_z$ , protože ho nedokáži přesně určit.

Výpočet celkové tepelné ztráty obývacího pokoje podle rovnice (1)

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z$$

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z = 4398 + 189 - 0 = 4587 W.$$

Celková ztráta pokoje je 4,587 kW.

Zbývající místnosti jsou spočteny stejným způsobem jako obývací pokoj. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 2.7.

Tabulka celkové tepelné ztráty všech místností.

Místnosti	$\dot{Q}_p$ [W]	$\dot{Q}_v$ [W]	$\dot{Q}_c$ [W]
Ložnice	3301	189	3490
Obývací pokoj	4398	189	4587
Kuchyň	3429	189	3618
Předsíň	1657	64	1721
WC	457	36	493
Koupelna	1000	40	1040
Spíž	222	25,5	248
Suma	14464	732,5	15197

Tab. č. 2.7 Přehled tepelných ztrát místností

Celková tepelná ztráta rodinného domu je **15,2 kW** pro výpočtovou vnitřní teplotu dle tabulky číslo 2.1. a výpočtovou venkovní teplotu  $t_e = -15 [^{\circ}\text{C}]$ .

### **3 Stručná charakteristika možných druhů a popis možných zdrojů tepelné energie pro vytápění rodinného domu**

Podle způsobu dodávky tepla můžeme vytápění rozdělit na místní, etážové, ústřední, podlahové a dálkové. Místní vytápění je nejjednodušší způsob vytápění. Zdroj tepla je umístěn přímo ve vytápěné místnosti a nazývá se topidlo. Topidla se dělí podle paliva na tuhá, kapalná, plynná a elektrickou energii. Etážové vytápění nebo také bytové vytápění se používá jen pro jedno obytné podlaží. Na rozdíl od ústředního vytápění, které se rozvádí potrubím do všech podlaží. V současné době se v rodinných domcích nejvíce používá ústřední vytápění. Zpravidla je zdroj tepla umístěn ve sklepním prostoru. U dálkového vytápění je zdroj tepla umístěn mimo vytápěnou budovu.

#### **3.1 Druhy vytápění**

##### **Konvekční vytápění**

Nejčastěji používaným otopným tělesem je radiátor. Jinak se mu taky říká vytápění prouděním. Je stále nejvyužívanějším typem vytápění. Pracuje na principu cirkulace vzduchu. Ten je ohříván, stoupá vzhůru a poté je doprovázen studeným vzduchem, který je následně zase ohříván, a tím dochází k cirkulaci. Čím je teplota vzduchu vyšší, tím dochází k většímu úbytku vlhkosti. Cirkulace vzduchu má taky své nevýhody, protože dochází k většímu víření prachu a bakterií.

##### **Podlahové vytápění**

U podlahového vytápění se do místnosti dostává teplo z podlahy, kde je zabudovaná topná část vytápěcí soustavy. Proto má podlahové vytápění jedinečnou vlastnost uchovávat podlahu v teple. Nevzniká žádný pohyb prachu a obytná plocha se tím rozšíří, protože se zde nevyskytují radiátory. Možná je taky kombinace s jinými druhy vytápění. Ukázka možných vrstev podlahového vytápění je na obrázku číslo 3.1.

##### Druhy podlahových vytápěcích soustav:

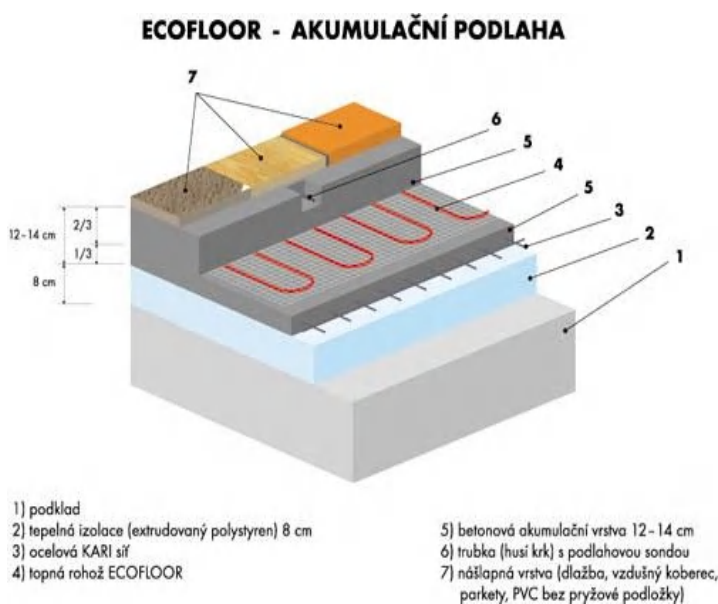
- a) sálavé
- b) konvekční

## Sálavé podlahové soustavy

Teplo se předává velkou plochou podlahy sáláním. Sálavé soustavy se rozdělují na elektrické a teplovodní. Do podlahy jsou zabetonovány trubky s teplou vodou nebo elektrické topné kabely. Teplovodní podlahové sálavé vytápění má mnoho stejných prvků jako vytápění teplovodními konvekčními soustavami. Zdrojem tepla se stává buď kotel na plyn, elektrokotel, solární panely, tepelné čerpadlo nebo kombinace zdrojů. K dalším prvkům teplovodní soustavy patří expanzní nádoby, čerpadlo, rozvaděč tepla, odvzdušnění, trubní rozvody. Palivem může být zemní plyn, elektrická energie i tuhá paliva. Elektrické podlahové vytápění zahrnuje topné rohože nebo topné pásy. U sálavého vytápění se ohřeje nejprve podlaha a od ní se pak ohřívá vzduch v místnosti.

## Konvekční podlahové soustavy

Teplo se předává do vytápěné místnosti prouděním. Do podlahy jsou zabudována otopná tělesa nebo podlahové konvektory. Nejsou zabetonovány jako u sálavé soustavy, ale ukládají se do plechových vaniček. U konvekčního vytápění se nejprve ohřeje vzduch v místnosti a od něj teprve stěny, podlaha a další stavební konstrukce.



Obr. č. 3.1 Podlahové vytápění

## **3.2 Zdroje tepelné energie**

### **3.2.1 Elektrická energie**

Elektrická energie je na straně spotřebitele nejčistší a nejuniverzálnější formou energie. Základem pro výrobu elektrické energie jsou přírodní zdroje (uhlí, ropa, plyn, uran, voda, sluneční záření a vítr). K vytápění elektrickou energií je potřeba souhlasu distributora elektrické energie. Distributor rozlišuje odběratele na kategorie podle způsobu využití elektrické energie. Odběr elektrické energie pro vytápění domácností přímotopy s akumulací a tepelnými čerpadly se řadí do kategorie D. Elektrická energie je dostupná všude, dá se bez problému rozvádět do všech místností, ale nedá se skladovat. Regulace elektrické sítě pracuje na principu, že se v každém okamžiku musí rovnat výkon zdrojů elektrické energie příkonu spotřebičů.

Vytápění elektřinou můžeme rozdělit na:

- a) přímotopné vytápění – možno vytápět elektrickými konvektory, sálavými panely, podlahovým vytápěním nebo elektrokotlem
- b) akumulační vytápění
- c) hybridní vytápění

### **3.2.2 Plynná paliva**

Mezi plynná paliva pro vytápění rodinných domů patří zejména zemní plyn a propan butan.

#### **Zemní plyn**

Zemní plyn se řadí mezi fosilní a neobnovitelné palivo. Je to vysoce výhřevný přírodní plyn bez barvy, chuti a zápachu. Má dobrou účinnost spalování, snadnou regulaci výkonu a minimální produkci škodlivých emisí. Obsahuje směs plynných uhlovodíků a nehořlavých složek, mezi které můžeme především zařadit dusík a oxid uhličitý. Jeho hlavním znakem je vysoký obsah metanu. Nejvyužívanější je typ H, který obsahuje více než 90 procent metanu a méně než 5 procent nehořlavých látek. Vytápění plynem přináší i řadu výhod, a to nepřetržitou dodávku paliva, snadnou regulaci, čistotu a není nutná jeho neustálá obsluha.

## **Propan**

Je bezbarvý plyn, bez charakteristického zápachu, nejedovatý, nekorozivní a je snadno zkapalnitelný. Je to směs zkapalněných rafinérských plynů – uhlovodíků, obsahující převážně propan a butan. V plynné fázi je těžší než vzduch, v kapalně pak lehčí než voda. Přechod z kapalného skupenství na plynné je obdobně jako u vody, benzínu nebo líhu provázena spotřebou tepelné energie, jejíž množství je uváděno jako množství výparného tepla nutného k zahřátí kapaliny na bod varu, aby se proměnila v páru. Z technického hlediska má schopnost rozpouštět laky, oleje, tuky a narušovat přírodní kaučuk. Ke spotřebitelům se dopravuje v autocisternách v kapalném stavu. Bezpečné místo pro autocisternu je takové, kde nejsou elektrická zařízení, kanály, šachty nebo jiná nebezpečná zařízení.

### Dělení zásobníku

- a) nadzemní uvnitř nemovitosti
- b) nadzemní vně nemovitosti
- c) polozapuštěný
- d) podzemní

### Plynové vytápění se dá rozdělit na:

- a) lokální plynová topidla
- b) kotle pro plynové ústřední vytápění
- c) vytápění propanem

### **3.2.3 Pevná paliva**

Dříve často používaná paliva, jako dřevo nebo uhlí, mají své výhody i nevýhody především ve značném množství emisí. Jestliže jsou spalovány v moderních kotelnách, mohou dosahovat velmi vysoké účinnosti, minimalizovat množství a škodlivost kouře vypouštěného do ovzduší.

## **Uhlí**

Černé a hnědé uhlí je z hlediska účinnosti, komfortu vytápění a znečištění ovzduší nejhorší zdroj tepla. Významně znečišťuje ovzduší karcinogenními látkami z nedokonalého spalování. Dochází k nutnosti pravidelného čištění kotle, vynášení popela a pravidelnému přikládání. Při topení uhlím je třeba mít suchý sklep. Uhlím se dnes převážně topí tam, kde

není možnost použití jiného paliva. Horší vlastnosti má hnědé uhlí (větší obsah vody, popele, síry, nižší výhřevnost).

### **Koks**

Je pevný uhlíkatý zbytek odvozený z černého uhlí. Z uhlí jsou odstraněny prchavé složky s omezeným přístupem kyslíku. Při tom vzniká také čpavek, lehké oleje a svítiplyn. Používá se především jako palivo, ale také jako redukční činidlo ve vysokých pecích. Koks je šedý, tvrdý a pórovitý. Při spalení vzniká pouze CO<sub>2</sub>. Proti jiným tuhým palivům má relativně nízkou prašnost.

### **Dřevo**

Dřevo má jednu zásadní nevýhodu, vlhkost. Vlhkost má zásadní vliv na výhřevnost dřeva, protože voda má velké výparné teplo s rostoucím obsahem vody se snižuje energetický zisk. Proto se dřevo před použitím nechává vyschnout. Skládá se z různých sloučenin. Nejvýznamnější je celulóza, lignin a pryskyřice. Další význam má voda a anorganické látky, které tvoří popel.

Dřevo je obnovitelným zdrojem energie, a proto nezatěžuje životní prostředí. Dalším důvodem proč roste spotřeba dřeva jsou zvyšující se ceny ostatních energií. Dřevo je jedním z nejlevnějších zdrojů tepla. Největším problémem dřeva je jeho skladování. Dřevo se dá spalovat v různých typech kotlů.

#### Kotle pro spalování tuhých paliv:

- a) litinové kotle
- b) ocelové kotle
- c) speciální ocelové kotle
- d) automatické kotle

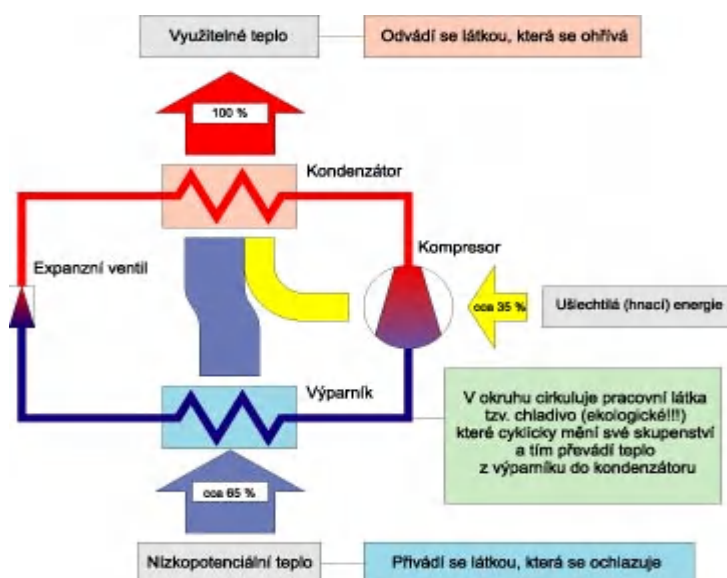
### **3.2.4 Tepelná čerpadla**

Čerpadlo pomocí elektrické energie převádí teplo v půdě, podzemní, povrchové vodě nebo vzduchu na teplo vhodné pro ohřev vody nebo vytápění. Teplo získané z přírody pro přeměnu k využití v domácnosti má malý energetický potenciál, tzn. že jeho kvalitativní stránka je na nižší úrovni. Zdrojem tohoto tepla je:

- a) půda – teplo z půdy se získává pomocí výměníku z plastových trub
- b) voda podzemní nebo povrchová – musí být čistá, a to v dostatečném množství a teplotě
- c) vzduch – je přístupný v libovolném množství
- d) odpadní teplo z výroby – je možný jen u technologických procesů, v domácnostech se využívá jen minimálně

### Princip tepelného čerpadla

Principem tepelného čerpadla je uzavřený chladicí okruh (podobně jako u chladničky), na jedné straně se teplo odebírá a na druhé předává. Chladnička odebírá teplo z vnitřního prostoru a předává je kondenzátorem na své zadní straně do místnosti.



Obr. č. 3.2 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo odebírá teplo ze vzduchu, půdy nebo podzemní vody a předává toto teplo do topných systému. Činnost tepelného čerpadla využívá fyzikální jevy spojené se změnou skupenství pracovní látky - chladiva. Ve výparníku tepelného čerpadla chladivo při nízkém tlaku a teplotě odnímá teplo zdroji nízkopotenciálního tepla, tím dochází k varu. Páry chladiva jsou stlačeny, zahřívají se a v kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce. Tím se opět ochlazuje a zkapalňuje. Celý oběh je uzavřen odvodem chladiva do výparníku přes expanzní ventil, který snižuje tlak kapalného chladiva. Princip tepelného čerpadla je uveden na obrázku číslo 3.2.



### **Typy tepelných čerpadel**

Podle způsobu, jakým se uskutečňuje odsávání par z výparníku a zvýšení jejich tlaku, se tepelná čerpadla dělí na kompresorová, absorpční a hybridní. Typ tepelného čerpadla se určuje podle druhu ochlazované a ohřívané látky. Nejobvyklejší kombinace jsou:

- a) voda – voda
- b) vzduch – voda
- c) slunce – voda
- d) země – voda
- e) voda – vzduch
- f) vzduch – vzduch

Nejvíce tepelných čerpadel pracuje v systému voda – voda, vzduch – voda.

### **3.2.5 Solární systémy**

Zařízení je vhodné tam, kde je velká spotřeba teplé vody. Tento systém dovede taky kromě ohřevu vody i přitápět za pomoci kolektorů napojených na běžný systém ústředního vytápění. Ukázka solárních systémů je na obrázku číslo 3.3.

#### Typy solárních zařízení:

- a) termické solární kolektory - k výrobě tepelné energie
- b) fotovoltaické solární kolektory - k výrobě elektrické energie

#### **a) Termické solární kolektory**

Termické solární kolektory slouží k výrobě tepelné energie. Používají se k ohřevu vody v bazénech, přípravě teplé užitkové vody a k vytápění.

#### Dělení termických slunečních kolektorů:

- a) bazénové sluneční kolektory
- b) ploché sluneční kolektory
- c) vakuové sluneční kolektory

Základním prvkem každého termického kolektoru je absorbér , který je uvnitř kolektoru. Na povrchu absorbéru se sluneční záření přeměňuje na tepelnou energii. Bazénové a

kapalinové kolektory mají deskovitý tvar, vakuové kolektory mají vzhledem ke svým konstrukčním požadavkům tvar trubicový.

### **Ploché solární kolektory**

Sluneční záření v plochých kolektorech je zachyceno nejprve absorbérem, kde se transformuje na tepelnou energii. Tato energie je pomocí teplotnosné kapaliny odvedena do výměníku, kde je teplo využito k přípravě teplé užitkové vody, pro vytápění. Teplotnosnou kapalinou je obvykle voda s příměsí nezávadné nemrznoucí kapaliny.

### **Vakuové solární kolektory**

Jedná se o zdokonalený kapalinový sluneční kolektor s nižším množstvím tepelných ztrát a s vyšší účinností. Vakuový kolektor je výhodnější než kapalinový kolektor, když je rozdíl teploty vzduchu a kolektoru výrazný nebo při menším záření. Ztráty se ve vakuových kolektorech minimalizují odstraněním vzduchu z kolektoru.



Obr. č. 3.3 Solární systémy

### **b) Fotovoltaické solární kolektory**

Fotovoltaické solární kolektory slouží pouze k výrobě elektřiny. Jejich schopnost přeměňovat sluneční záření na elektrickou energii je založena na fotovoltaickém jevu. Základním prvkem každého panelu jsou solární články. Jedná se o plochou polovodičovou součástku, na které při dopadu slunečního záření dochází k uvolňování elektronů. Nejvíce rozšířené jsou dnes fotovoltaické články na bázi křemíku.

## **4 Porovnání těchto zdrojů z hlediska investičních nákladů**

K porovnání investičních nákladů jednotlivých zdrojů jsem si vybrala elektřinu, zemní plyn, dřevo, uhlí a tepelné čerpadlo. Podlahové vytápění a solární systémy porovnávat nemůžu, protože není možná realizace tohoto systému v rodinném domě, a to z dispozičních důvodů domu (starý dům není vhodný pro takto nákladnou rekonstrukci). Výběr kotle a tepelného čerpadla závisí na celkové tepelné ztrátě rodinného domu. Celková tepelná ztráta rodinného domu je vypočtena 15,2 kW, proto musím vybírat zařízení v rozmezí od 12 do 19 kW. Kotle na zemní plyn, pevná paliva a elektrokotle jsem zvolila od firmy DAKON. Firma DAKON je známou a velice prestižní firmou. Má velmi dobrou nabídku kotlů na všechny běžně používaná paliva o různých výkonech. Jejich výrobky mají vysokou kvalitu a moderní design. U tepelného čerpadla jsem vybrala firmu PZP KOMPLET. Nejvíce mě zaujalo tepelné čerpadlo vzduch – voda. Prvním důležitým kritériem k výběru zařízení byly jejich funkce. Dalším potom cena a výkonnost zařízení. Investiční náklady, které jsem porovnávala, zahrnovaly náklady na pořízení zařízení, náklady na instalaci, náklady na uvedení zařízení do provozu a náklady na rozvody a tlakové zkoušky. Investiční náklady jednotlivých zařízení jsou uvedeny v tabulce číslo 2.8.

### **1) Nástěnný plynový kotel DAKON DAGAS Plus 03**

Slouží k vytápění, ohřevu TUV nebo zásobníkovému ohřevu TUV. Čistý objem vody v zásobníku je 48 l pro rodinný dům.

DAGAS Plus 03 je dodáván ve dvou výkonových řadách, 8 až 24 kW nebo 9 až 28 kW. Pro můj rodinný dům jsem vybrala DAKON DAGAS Plus 03 CK o výkonu 8 až 24 kW.

Předností je vysoká účinnost, malé rozměry, automatické kontrolní a ochranné funkce proti zamrznutí, dlouhá životnost, možnost připojení venkovního čidla pro řízení teploty topné vody podle venkovní teploty, zobrazení pomocí LCD displeje, spolehlivost, komfortní obsluha, příprava TUV podle průtoku a modulační termostat OPEN THERM+. Modulační termostat umožňuje regulovat výkon kotle.

### **2) Ocelový teplovodní kotel na pevná paliva DOR**

Je určen pro spalování všech pevných paliv – hnědého uhlí, černého uhlí, briket, koksu, dřeva a dřevního odpadu. Spalování zajišťuje roštová soustava. Ocelové kotle se vyrábí ve výkonové řadě od 6 do 45 kW. Pro můj rodinný dům jsem vybrala DOR 20 o výkonu od 6 – 20 kW. Výhodou kotle je možnost spalování dřeva s vlhkostí až 35%.

Předností je větší násypná šachta s rozšiřujícím se průřezem směrem k topeništi, roštová soustava umožňující spalování i méně hodnotných paliv a sání rozdělené na tři proudy vzduchu zvyšující kvalitu spalování, které umožňuje také automatickou regulaci výkonu.

### **3) Elektrokotel DAKON DALINE PTE - S M**

Nástěnný elektrokotel v moderním nízkohlučném provedení. Vyrábí se ve výkonové řadě od 4 do 18 kW. Pro můj rodinný dům jsem vybrala DAKON DALINE PTE – S 16M o výkonu 16,5 kW. Má snadnou obsluhu, hospodárny provoz, malé rozměry a vysokou spolehlivost. Provoz je řízen automaticky kotlovým nebo prostorovým termostatem v závislosti na teplotě vytápěného prostoru. Kotel je možno připojit k otopnému systému s přímým, akumulacním nebo smíšeným ohřevem.

Předností je vysoká účinnost až 99%, vestavěná tlaková expanzní nádoba na 7 l a pojistný ventil. Má tichý chod, elektronický startér, několikastupňové čerpadlo, dlouhou životnost a spolehlivost. Dalším prvkem je jednoduchá obsluha, snadná montáž a jeho malé rozměry.

### **4) Tepelné čerpadlo vzduch/voda**

Vzduch je nejdostupnější forma tepla. Z ekonomického hlediska nejvýhodnější. Čerpadla PZP pracují efektivně a spolehlivě. Charakteristické je pro něho univerzální použití pro vytápění, klimatizaci a celoroční přípravu teplé vody. Skládá se ze dvou částí, které jsou mezi sebou technicky propojeny. Vnitřní část čerpadla, obsahuje především kompresor a kondenzátor. Vnější část čerpadla, výparník a ventilátor.

Tepelné čerpadlo model SB je vhodné zejména ke stávajícímu plynovému nebo olejovému kotli. Může řídit až tři topné okruhy. Pro můj rodinný dům jsem vybrala tepelné čerpadlo model SB HP3AW 18 SB o výkonu 17,5 kW a topném faktoru 3,6.

V tabulce číslo 2.8 jsou uvedeny investiční náklady jednotlivých zařízení. Investiční náklady se skládají z ceny zařízení a z ceny související s příslušenstvím, provozem a montáží tohoto zařízení. Ceny jsou převzaty z ceníku firem Dakon [14] a PZP [15].

Po srovnání investičních nákladů jednotlivých zařízení je nejlevnějším zařízením elektrokotel DAKON DALINE PTE-S 16M. Tepelná čerpadlo je naopak nejdražší zařízení.

Zařízení	Cena s DPH	Příslušenství s DPH	Uvedení do provozu	Montáž	Celková suma
Plynový kotel DAKON DAGAS Plus 03 CK	27 965 Kč	4 975 Kč	2 480 Kč	11 660 Kč	47 080 Kč
Kotel DOR 20 na tuhá paliva	20 825 Kč	3 985 Kč	2 240 Kč	9 810 Kč	36 860 Kč
Elektrokotel DAKON DALINE PTE-S 16M	19 695 Kč	3 600 Kč	1 930 Kč	7 465 Kč	32 690 Kč
Tepelné čerpadlo SB HP3AW 18 SB	273 000 Kč	5 000 Kč	0	15 000 Kč	293 000 Kč

Tab. č. 2.8 Investiční náklady zařízení

#### 4.1 Porovnání těchto zdrojů z hlediska nákladů na roční dodávku tepla

K tomu, abych mohla porovnat náklady jednotlivých zdrojů musím znát roční dodávku tepla. Roční dodávka tepla se skládá z potřeby tepla pro vytápění a ohřevu teplé vody. Roční dodávku tepla jsem spočítala pomocí internetové stránky [9] pro už vypočítanou tepelnou ztrátu, která je 15,2 kW.

Do výpočtového vzorce na internetové stránce [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [9] jsem zadávala potřebné hodnoty, a to délku topného období 220 dnů, průměrnou teplotu během otopného období 4 °C a venkovní výpočtovou teplotu -15 °C. Potřebu tepla pro vytápění jsem stanovila z tepelné ztráty objektu 15,2 kW a průměrné vnitřní výpočtové teploty 19 °C. Celková roční potřeba energie na vytápění je 108 GJ a celková roční potřeba energie na ohřev teplé vody je 29 GJ. Sečtením energií má můj rodinný dům celkovou roční spotřebu 137 GJ = 38,1 MWh.

V tabulce číslo 2.9 jsou náklady na roční dodávku tepla. Ceny paliva jsou platné od 1.1.2009. Dodavatelem elektrické energie je společnost ČEZ. V tabulce je u každého druhu paliva uvedena průměrná účinnost zařízení, cena tepla v Kč za GJ, spotřeba paliva za rok a roční náklady na vytápění v Kč.

Po srovnání provozních nákladů zjišťuji, že nejlevnější je dřevo. A mezi nejdražší zdroje energie patří elektrická energie.

Druh paliva	Cena paliva v Kč	Průměrná účinnost v %	Cena tepla Kč/GJ	Spotřeba paliva/rok	Náklady na vytápění v Kč/rok
Černé uhlí	4,00/kg	55	315	10783 kg	43 133 Kč
Dřevo	1,90/kg	75	174	12511 kg	23 772 Kč
Elektřina	378,42 Kč měsíčně +1,78/kWh	99	533	38440 kWh	73 030 Kč
Zemní plyn	1,26/kWh	89	455	47473kWh	62 385 Kč
Tepelné čerpadlo	308,21 Kč měsíčně +2,34/kWh	topný faktor 3,6	208	10571 kWh	28 457 Kč

Tab. č. 2.9 Náklady na roční dodávku tepla

Zjištěné provozní a investiční náklady jednotlivého způsobu vytápění porovnávám v grafech, které jsou v příloze č. 2. Po stanovení výpočtu ročních nákladů jsem vycházela z toho, že investici budu řešit úvěrem, to znamená, že na investici si půjčím peníze od banky. Pro stanovení výhodnosti jednotlivých druhů vytápění jsem vycházela ze 4 druhů sazeb (3, 5, 8, 11 % úrokové míry). Podle velikosti úrokové míry mi vyšla hodnota měsíční popř. roční splátky. Počítala jsem, že splátkový kalendář je na dobu 20 let (doba životnosti investic). K této splátce jsem přičetla roční provozní náklady. Součtem ročních provozních nákladů a nákladů na splátky mi vyšly celkové náklady na vytápění. Investiční náklady za rok na vytápění pro 4 druhy sazeb jsou v tabulce číslo 2.10. Celkové roční provozní a investiční náklady pro 5% a 11% úrokovou míru jsou v tabulce číslo 2.11.

	Úroková míra úvěru v %			
Druh paliva	3	5	8	11
Dřevo	2 453 Kč	2 919 Kč	3 700 Kč	4 566 Kč
Tepelné čerpadlo	19 500 Kč	23 204 Kč	29 409 Kč	36 292 Kč
Černé uhlí	2 453 Kč	2 919 Kč	3 700 Kč	4 566 Kč
Zemní plyn	3 133 Kč	3 728 Kč	4 726 Kč	5 831 Kč
Elektřina	2 176 Kč	2 589 Kč	3 281 Kč	4 049 Kč

Tab. č. 2.10 Investiční náklady na vytápění pro 4 druhy sazeb

Druh paliva	Provozní náklady	Investiční náklady pro úrok úvěru		Celkové roční náklady (provozní a investiční)	
		5%	11%	5%	11%
Dřevo	23 772 Kč	2 919 Kč	4 566 Kč	26 691 Kč	28 338 Kč
Tepelné čerpadlo	28 457 Kč	23 204 Kč	36 292 Kč	51 661 Kč	64 749 Kč
Černé uhlí	43 133 Kč	2 919 Kč	4 566 Kč	46 052 Kč	47 699 Kč
Zemní plyn	62 385 Kč	3 728 Kč	5 831 Kč	66 113 Kč	68 216 Kč
Elektřina	73 030 Kč	2 589 Kč	4 049 Kč	75 619 Kč	77 079 Kč

Tab. č. 2.11 Celkové roční náklady na vytápění

#### 4.2 Posouzení výhod a nevýhod jednotlivých možností vytápění rodinného domu

K posouzení výhod a nevýhod jednotlivých možností vytápění jsem si vybrala zařízení na zemní plyn, elektrickou energii, dřevo, černé uhlí a tepelné čerpadlo. U posuzovaných možností vytápění mě nejvíc zajímaly investiční a provozní náklady, účinnost a životnost zařízení.

##### Dřevo

###### Výhody kotlů na dřevo

- nižší náklady na nákup paliva
- nízké investiční náklady
- obnovitelný zdroj energie
- dlouhá životnost
- malé rozměry

###### Nevýhody kotlů na dřevo

- spalování (účinnost) závisí na vlhkosti dřeva
- velký prostor pro skladování
- drahý dovoz

##### Elektrokotel

###### Výhody

- nízké pořizovací náklady
- malé rozměry

###### Nevýhody

- vyšší provozní náklady
- náročnější rozvod elektrické energie

- hospodárný, bezhlučný provoz
- dlouhá životnost (nad 25 let)
- vysoká účinnost (nad 99 %)

## **Černé uhlí**

### **Výhody kotlů na černé uhlí**

- používá se tam, kde není možno použití jiného paliva
- nižší náklady na nákup paliva
- malé rozměry

### **Nevýhody kotlů na černé uhlí**

- nízká účinnost (pod 60 %)
- špatná obslužnost
- nešetrná k životnímu prostředí
- velké prostory pro skladování
- drahý dovoz
- časově náročné vynášení a likvidace popele

## **Zemní plyn**

### **Výhody kotlů na zemní plyn**

- nízké pořizovací náklady
- bezobslužný, tichý a nenáročný provoz
- nenáročná údržba
- dobrá regulovatelnost
- vysoká účinnost (nad 90 % - moderních kotlů)
- využití pro každý druh vytápění
- vysoká životnost (nad 20 let)
- zdroj tepla je šetrný k životnímu prostředí
- využití i k vaření

### **Nevýhody kotlů na zemní plyn**

- rostoucí cena plynu
- závislost ČR na dodávkách ze zahraničí
- plynofikace dané lokality



## **Tepelné čerpadlo**

### **Výhody**

- dvojí funkce (v zimě topí, v létě chladí)
- snadná instalace
- nízké provozní náklady
- bezobslužný provoz
- dobrá regulovatelnost
- není potřeba budovat komín (u novostaveb)

### **Nevýhody**

- vysoké investiční náklady
- podle druhu zdroje, velké požadavky na hloubku vrtů a velkou plochu kolektorů
- zvláštní požadavky na topný systém

Každé ze zde uvedených zdrojů tepelné energie má své výhody i nevýhody. U zemního plynu je hlavní výhodou bezobslužný, nenáročný a tichý provoz. Další výhodou je vysoká účinnost a šetrnost k životnímu prostředí. Jeho velkou nevýhodou je závislost na dodávkách ze zahraničí a rostoucích cenách energie. Elektrokotel má výhodu v nejnižších investičních nákladech a vysoké účinnosti. Naopak má nejvyšší provozní náklady ze všech porovnaných zdrojů energie. Černé uhlí moc výhod nemá, možná jenom nižší náklady na nákup paliva. Za to nevýhod má mnohem víc, například nízkou účinnost a časté vynášení popela. U dřeva jsou výhodou nízké investiční náklady. Nevýhodou je účinnost závislá na vlhkosti dřeva, dovozu a skladování. Tepelné čerpadlo má výhodu ve své dvojí funkci a nízkých provozních nákladech. Naopak jeho investiční náklady jsou největší ze všech již porovnaných zdrojů tepelné energie.

## 5 Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo porovnání nákladů na vytápění rodinného domu při využití různých energetických zdrojů. V první části jsem vypočítala celkovou tepelnou ztrátu zvoleného rodinného domu pomocí normy ČSN 06 0210. Celková ztráta rodinného domu je 15,2 kW.

V druhé části jsem se zabývala jednotlivými druhy vytápění a zdroji tepelné energie. Za jednotlivé zdroje tepelné energie jsem si zvolila elektrickou energii, pevná paliva, plynná paliva, tepelná čerpadla a solární systémy. Z těch jsem si k porovnání investičních a provozních nákladů vybrala černé uhlí, dřevo, zemní plyn, elektrickou energii a tepelné čerpadlo.

V poslední části jsem počítala celkové náklady na vytápění. Ty se skládají z provozních a investičních nákladů. Z třetího přiloženého grafu vyplývá, že při 5% a 11% úrokové sazbě se u dřeva, elektřiny, černého uhlí a zemního plynu celkové náklady jenom mírně mění. Celkové náklady u tepelného čerpadla nejvíce ovlivňuje hodnota úrokové míry úvěru (velké investiční náklady = vysoké roční splátky úvěru, závislé na p.a. úroku).

Provedení výběru vhodného zařízení zdroje vytápění rodinného domu

- vyloučila jsem elektrokotel, a to z důvodu nejvyšších provozních nákladů
- vyloučila jsem také kotel na pevná paliva (v mém případě na černé uhlí a dříví), protože se obsluze zařízení nemohou majitelé časově věnovat
- dalším negativním faktorem pro pořízení kotle na pevná paliva je to, že dům je v lokalitě s velkou zástavbou rodinných domů (nešetrné k životnímu prostředí) a tím spalování černého uhlí je v této lokalitě nevhodné
- pro zamítnutí kotle na pevná paliva hovoří také tento faktor, že levné palivové dříví je obtížně dostupné i v současné době a není zaručeno, že v budoucnu na trhu bude palivového dříví dostatek
- rozhodla bych se mezi kotlem na zemní plyn a tepelným čerpadlem (celkové roční náklady jsou uvedeny v tabulce číslo 2.11), hledala bych investičně nejlevnější firmu a zdroj tepla (s přihlédnutím k maximální účinnosti přenosu tepla)

- pokud bych podepsala smlouvu s firmou zabývající se montáží tepelných čerpadel a získala přijatelný bankovní úvěr, kdy by propočítané roční náklady na vytápění byly přibližně shodné s ročními náklady při provozu kotle na zemní plyn, rozhodla bych se pro tepelné čerpadlo, v opačném případě bych jako zdroj tepla volila kotel na zemní plyn, při tom oba zdroje tepla nevyžadují časově náročnou obsluhu

## **Seznam použité literatury**

- [1] Jaroslav Dufka: Vytápění domů a bytů. Grada Publishing, s. r. o., Praha 1997
- [2] Jaroslav Dufka: Podlahové vytápění. Grada Publishing, a. s., Praha 2006
- [3] Karel Srdečný, Jan Truxa: Tepelná čerpadla. ERA group, s. r. o., Brno 2005
- [4] Norma ČSN 06 0210
- [5] Norma ČSN 73 0540-3:1994
- [6] Návodů do cvičení z termomechaniky: Ing. Zdeněk Kadlec, Ph.D., 2001
- [7] Karel Mrázek: Moderní vytápění bytů a domů. Praha: SNTL, 1986
- [8] <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/6.htm>
- [9] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [10] [www.solarni-energie.info](http://www.solarni-energie.info)
- [11] [www.megawatt.cz](http://www.megawatt.cz)
- [12] [www.lepebydlet.cz/stavebnictvi/topeni/topeni-drevem](http://www.lepebydlet.cz/stavebnictvi/topeni/topeni-drevem)
- [13] [www.cpu.cz](http://www.cpu.cz)
- [14] [www.dakon.cz](http://www.dakon.cz)
- [15] [www.pzp.cz](http://www.pzp.cz)
- [16] [www.eon.cz](http://www.eon.cz)

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Půdorys domu

Příloha č. 2 – Grafy porovnání investičních a provozních nákladů jednotlivých způsobů vytápění